

# 노후아파트 현장에서의 콘크리트 압축강도 추정

## Concrete Compressive Strength Prediction from Deteriorating Apartment Site

이 규 동\*      임 흥 철\*\*      임 병 호\*\*\*  
Lee, Kyu-Dong      Rhim, Hong-Chul      Rhim, Byeong-Ho

### Abstract

Deduction of compressive strength in concrete members is very important to decide stability of structures. In this study, we compare the compressive strength of concrete between nondestructive test done to the building which was to be demolished at residential reconstruction site and destructive test of core specimen from the site. The result is more reliable because we can compare the measurement of nondestructive test with the result from destructive test using drilled cores. Compressive strength of each material was calculated with the result of rebound number test. In addition, we performed ultrasonic test for another result of compressive strength. And we made a comparative study of compressive strength of concrete drawn from both nondestructive and destructive tests.

키 워 드 : 압축강도, 비파괴검사, 반발경도법, 초음파 검사, 코어 공시체

Keywords : Compressive strength, Non-destructive test, Rebound number test, Ultrasonic test, Core specimen

## 1. 연구 목적

콘크리트의 압축강도 조사는 기존 콘크리트 구조물의 보유 내력 평가를 위한 여러 항목 가운데 매우 중요한 판단 자료이나, 현재 이루어지는 비파괴검사에 의한 압축강도 결과는 측정 장비와 기타 여건에 따라 편차가 심한 실정이다. 콘크리트 코어에 의한 강도시험은 기존 구조물의 콘크리트의 압축강도를 판정하는 방법 중에서 신뢰성이 높은 방법이지만, 일반적인 구조물의 경우 구체의 손상 위험성과 그 경제성 때문에 각 부재에 대한 직접적인 코어 채취가 힘든 상황이다. 최근의 노후아파트에 대한 리모델링의 추진이 가속화되고 있는 시점에서 기존 건물에 대한 정확한 내력평가는 구조물의 안전성은 물론이고 보수보강 방법과 비용에 영향을 줄 수 있다.

본 연구에서는 리모델링 대상 구조물과 재량이 유사하게 진행된 재건축 대상 아파트를 대상으로 하여 반발경도, 초음파 시험을 실시하였다. 또한 동일한 위치에 코어 채취를 통한 압축강도시험을 실시하여 각각의 비파괴 강도 추정결과 값들과 압축파괴시험 값을 비교·분석하였다.

이를 바탕으로 실제 노후아파트의 리모델링 혹은 재건축 안전진단시 기존 구조물의 상태를 평가하기 위한 근거를 제시하고자 한다.

## 2. 실험 진행

서울 근교 소재 철거 예정인 재건축 현장의 5층의 라멘조 아파트 2개동을 대상으로 실험을 진행하였으며 사용한 비파괴 검사법으로는 반발경도법, 초음파탐상법, 복합법이 있고 비교 분석 대상으로 코어공시체 압축파괴시험을 하였다. 코어공시체는 보, 기둥, 슬래브에 대해 직경 10cm의 코어를 직접 채취하였다. 채취된 코어의 개수는 보 18개소, 기둥 53개소, 슬래브 26개소로 총 97개소에서 시험체를 채취하였다. 당 아파트 구조물의 설계기준강도는 18 MPa이다.

실험에 선정된 검사방법들은 비파괴 검사법으로 가장 널리 사용되는 것들로 채취한 공시체와의 강도 비교를 통하여 각각의 검사방법과 검사기기의 정확도를 실험하기 용이한 것들로 선별하였다.

실험진행은 아파트 2개동을 내측열과 외측열로 나누어 층별로 나누어 측정하였으며 반발경도 시험과 초음파탐상을 한 부재에 대하여 추정강도를 계산 후 코어 채취를 통해 얻은 공시체의 압축파괴시험 결과를 비교하였다.

### 2.1 반발경도법

반발경도법은 테스트헤머를 이용하는 방법으로 널리 이용되고 있는 시험이며 그 원리는 슈미트헤머의 콘크리트 표면 타격 반발도와 콘크리트 압축강도 사이에 상관관계가 있다는 실험적 입증에 근거하고 있다. 사용된 추정식은 일본 재료학회식, 동경도 재료시험소식, 일본 건축학회식 3가지이며 각각의 추정식은 다음과 같다.

\* 연세대학교 건축공학과 석사과정, 정회원

\*\* 연세대학교 건축공학과 교수, 정회원

\*\*\* (주)GS건설 연구개발팀 선임연구원, 정회원

- 일본 재료학회식:  $F_c = (13Ro - 184) \times \alpha ..$  ( 식 1 )
- 동경도 재료시험소식:  $F_c = (10Ro - 110) \times \alpha ..$  ( 식 2 )
- 일본 건축학회식:  $F_c = (7.3Ro + 100) \times \alpha ..$  ( 식 3 )
- $\alpha$  : 재령계수

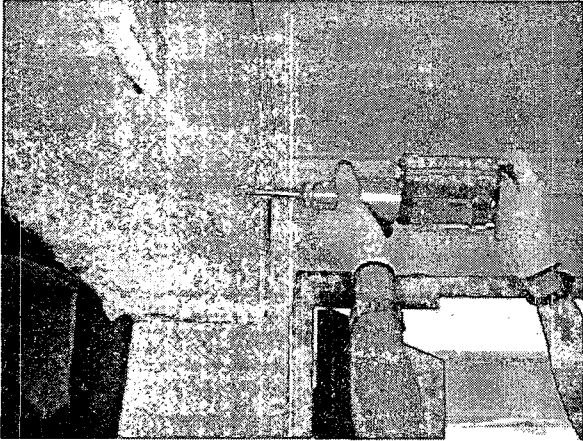


그림 1. 반발경도 시험

## 2.2 초음파 탐상법

초음파 탐상법은 압전소자 등을 이용한 발진기, 발신자, 수신자에 의해 콘크리트를 통과하는 초음파펄스의 전달시간을 측정하여 초음파속도로 변환하여 콘크리트 강도와와의 상관관계를 도출, 그에 따른 강도를 추정 할 수 있다.

측정은 직접법으로 하였으며 RILEM CNDT 소위원회 공동 시험결과에서 도출한 다음 식을 사용하였다.

- $F_c = 215 V_p - 620$  ..... ( 식 4 )
- $F_c$  : 추정압축강도(kgf/cm<sup>2</sup>)
- $V_p$  : 직접법에 의한 초음파 종파전달속도(km/sec)



그림 2. 초음파 탐상시험

## 2.3 복합법

복합법은 비파괴검사 방법 중 2가지 이상의 결과를 이용, 상호 보완하여 콘크리트의 품질상태를 추정하는 방식으로서, 가장 일반적인 방법으로는 반발경도법과 초음파탐상법을 이용한 조합법이 있다.

앞서 실험한 두 측정값을 사용하여 각 동 보 부분의 압축강

도를 복합법으로 추정하였으며, 추정식은 다음과 같다.

- RILEM CNDT소위원회 공동실험결과 제안식 :  
 $F_c = 8.2Ro + 269 V_p - 1094$  ..... ( 식 5 )
- $Ro$  : 반발경도  
(재령 3개월 이상 반발도는 실측치의 0.9로 보정)
- $V_p$  : 직접값에 의한 전파속도(1)

## 2.4 코어공시체 압축강도

상기 비파괴검사법과 실제 구조체의 콘크리트 압축강도를 비교하기 위해, 비파괴 검사를 수행한 지점에서 각각 시편을 채취해 압축강도 시험을 실시하였다. 채취는 부재 1개소에서 3개 시편을 채취하는 것을 원칙으로 하였으며, 코어공시체 압축강도는 채취 부재의 압축강도 평균을 사용하였다.



그림 3. 기동코어 시편채취

## 3. 실험 결과

콘크리트 압축강도 정리 결과 총 28개소에 대한 데이터를 분석할 수 있었다. 초음파 탐상과 복합법은 직접법에 의한 측정의 특성상 보 부재에 대해서만 적용할 수 있었다. 각 데이터의 측정값은 표 1과 같다.

각 시험방법에 의한 평균값은 코어압축강도가 17.5MPa, 일본재료학회 시험식이 20.4MPa, 동경도 시험소식이 17.7MPa, 일본 건축학회식이 24.3MPa, 초음파탐상이 20.3MPa, 복합법이 24.2MPa로 이번 현장에서 측정된 비파괴검사방법 가운데서는 동경도 시험소식이 가장 코어압축강도 측정값에 가깝게 나타났다.

표 1의 결과를 그래프로 나타내면 그림 4와 같으며, 전반적으로 코어 압축파괴시험 측정값보다 높은 범위에서 측정이 되어 비파괴검사만으로 내력추정을 할 경우에는 실제보다 과대평가를 할 우려가 있는 것으로 나타났다.

평균 압축강도의 비교와는 달리 개개 부재의 측정값을 비교하였을 경우에는 측정값의 편차가 커져 측정개소가 적을 때에는 비파괴검사로 인한 강도 결과값 도출을 위해 세심한 추가 조사가 필요한 것으로 확인되었다.

표 1. 콘크리트 압축강도 추정결과

	평균 압축 강도	일본 재료 학회	동경도 시험소	일본 건축 학회	초음파	복합법
A동 내측열 5층 C3	14.5	22.6	19.4	25.5		
A동 내측열 5층 C4	18.7	17.6	15.5	22.7		
A동 내측열 3층 C3	15.0	19.8	17.2	23.9		
A동 내측열 3층 C4	15.1	19.7	17.1	23.9		
A동 내측열 3층 S	20.4	19.7	17.1	23.9		
A동 내측열 3층 G	21.6	22.4	19.3	25.4	20.3	24.3
A동 내측열 2층 C3	23.9	21.5	18.6	24.9		
A동 내측열 2층 C4	16.2	22.5	19.3	25.4		
A동 내측열 2층 S	20.1	17.8	15.7	22.8		
A동 외측열 5층 C3	13.0	17.0	15.1	22.4		
A동 외측열 5층 C4	20.7	17.5	15.5	22.7		
A동 외측열 3층 C3	18.4	19.8	17.2	23.9		
A동 외측열 3층 C4	15.4	17.6	15.5	22.7		
A동 외측열 3층 S	17.4	28.9	24.3	29.1		
A동 외측열 3층 G	15.6	19.6	17.1	23.8	20.5	21.9
A동 외측열 2층 C3	18.2	15.9	14.3	21.8		
A동 외측열 2층 C4	17.5	17.7	15.6	22.7		
B동 내측열 5층 C	16.2	21.4	18.4	24.8		
B동 내측열 5층 G	16.1	22.6	19.4	25.5	16.3	19.4
B동 내측열 3층 C	16.4	18.4	16.2	23.2		
B동 내측열 3층 G	18.5	22.9	19.6	25.6	21.4	26.0
B동 내측열 2층 C	20.9	19.3	16.8	23.6		
B동 외측열 5층 C	19.0	20.0	17.4	24.1		
B동 외측열 5층 G	15.8	21.3	18.4	24.8	20.0	22.8
B동 외측열 3층 C	16.7	20.6	17.8	24.4		
B동 외측열 3층 G	15.5	25.6	21.7	27.2	20.0	26.7
B동 외측열 2층 C	14.9	18.5	16.2	23.2		
B동 외측열 2층 G	18.2	23.1	19.7	25.8	23.4	28.6
평균	17.5	20.4	17.7	24.3	20.3	24.2

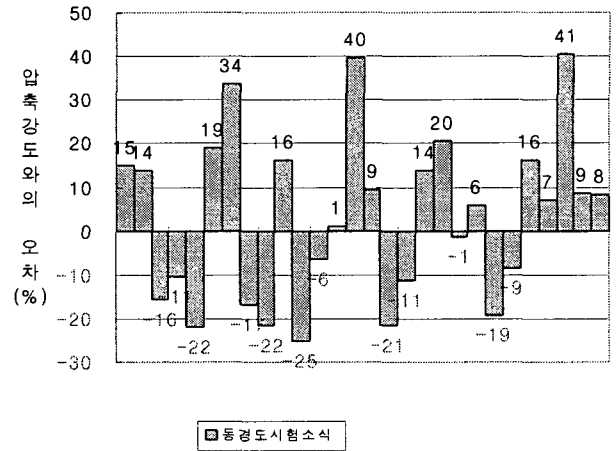


그림 5. 반발경도 추정값과 압축강도와의 오차율

또한 오차율에 있어서도 분석결과, 부재에 따라 오차의 범위가 차이가 나는 것을 확인할 수 있었다. 표 2에서 나타나듯이 전체 오차에 대해, 특히 슬래브 부분의 오차 비율이 높았으므로 나타났으며, 상대적으로 보의 오차 변동폭은 작은 것으로 분석되었다.

표 4. 각 추정식별 오차의 표준편차

표준편차	일본 재료학회식	동경도 시험소식	일본 건축학회식	초음파	복합법
전체	23.1	18.9	21.4		
기둥	20.4	17.1	21.6		
슬래브	42.9	33.9	30.0		
보	18.9	15.7	18.4	14.9	20.6

#### 4. 결 론

현재 이루어지고 있는 콘크리트 압축강도에 대한 비파괴 검사방법들은 그 오차 범위가 크고 편차가 심함에도 불구하고 대부분 기준 설계강도를 만족하는 수준에서 측정이 되고 있었다. 하지만 코어공시체 파괴시험과 비교 결과는 전반적으로 코어 압축파괴시험 측정값보다 높은 범위에서 측정이 되어 비파괴 검사만으로 내력추정을 할 경우에는 실제보다 과대평가를 할 우려가 있는 것으로 나타났다.

향후 리모델링이나 안전진단에 있어서 콘크리트 강도 측정의 정확성을 위해 이에 대한 지속적인 데이터의 축적이 필요하다. 또한 실제 구조물에 대해 코어 샘플링을 통한 압축강도 조사가 어려운 만큼 코어 테스트의 값과 반발경도 값의 비교를 통한 비파괴 강도에 대한 신뢰성 높일 수 있는 보정 값을 제시할 수 있도록 추가조사가 필요하며 이에 대한 추정의 정확성을 위해 다른 현장에도 같은 방법을 적용하여 시험을 통한 결과를 확인할 필요가 있다.

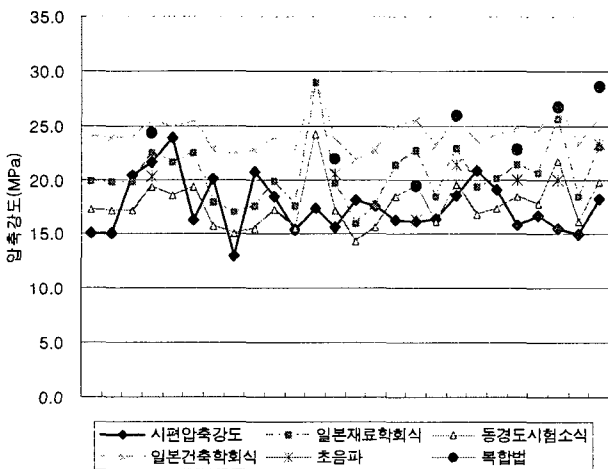


그림 4. 콘크리트 압축강도 추정

그림 5는 코어 평균압축강도와 가장 유사한 값을 가진 동경도시험소식을 이용한 반발경도 추정값과 채취한 코어의 압축강도를 비교한 것으로 측정된 반발경도 추정값과 코어 압축강도가 정확히 일치하는 비율은 크지 않았다.

## 감사의 글

본 연구는 (주)GS건설의 '비파괴검사와 부분해체를 병행한 기존 아파트건물의 잔여 성능평가' 연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고 문헌

1. 권영웅, 「실존콘크리트 구조물의 강도 추정에 관하여(1)」, 대한건축학회지 Vol. 36, No.1. 1992년 1월, pp.112-118
2. 임홍철, 박성모, 이규동, 임병호, 이민섭, 「재건축현장의 콘크리트 부재 철근 탐사」, 한국구조물진단학회 가을학술발표논문집, 제9권 2호(통권 16집), 2005년 10월, pp63-66
3. 임홍철, 이규동, 박성모, 임병호, 이민섭, 「재건축현장 코어채취를 통한 중성화 실험」, 한국구조물진단학회 가을학술발표논문집, 제9권 2호(통권 16집), 2005년 10월, pp47-50
4. 임홍철, 박성모, 이규동, 임병호, 정재철, 「재건축현장의 콘크리트 압축강도 조사」, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, Vol. 25, No.1, 2005년 10월, pp.357-360
5. 한국시설안전기술공단, 「콘크리트 및 강재 비파괴시험 평가·검증 방안 연구」, 2002
6. 한국산업규격 KS F 2405-'05 : 콘크리트의 압축 강도 시험방법
7. 한국산업규격 KS F 2422-'02 : 콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도 시험방법
8. 한국산업규격 KS F 2730-'03 : 콘크리트 압축강도 추정을 위한 반발경도 시험방법
9. 한국산업규격 KS F 2731-'03 : 콘크리트 압축강도 추정을 위한 초음파 펄스속도 시험방법
10. Ted Kay, 「Assessment & Renovation of Concrete Structures」, Longman, 1992
11. ACI 214-77 : Recommended Practice for Evaluation of Strength Test Results of Concrete
12. ACI 228.1R-95 : In-Place methods to Estimate Concrete Strength